

SVERIGE

(12) PATENTSKRIFT

(13) C2 (11) 517 720

(19) SE

(51) Internationell klass 7

H01B 1/12, H01G 9/042, H01M 4/60, G02F 1/155

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET**

(45) Patent meddelat 2002-07-09

(41) Ansökan allmänt tillgänglig 1998-02-09

(22) Patentansökan inkom 1996-08-08

(24) Löpdag 1996-08-08

(62) Stamansökans nummer

(86) Internationell ingivningsdag

(86) Ingivningsdag för ansökan
om europeisk patent

(83) Deposition av mikroorganism

(30) Prioritetsuppgifter

(21) Patentansöknings-
nummer 9602955-8

Ansökan inkommen som:

☒ svensk patentansökan
☐ fullföljd internationell patentansökan
med nummer☐ omvandlad europeisk patentansökan
med nummer

(73) PATENTHAVARE Olle Inganäs, Wernersgatan 13 582 46 Linköping SE

(72) UPPFINNARE Olle Werner Inganäs, Linköping SE, Jennie Anne Catarina
Carlberg, Linköping SE

(74) OMBUD - - -

(54) BENÄMNING Elektrokemiska komponenter baserade på polymerer

(56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER:

SE B 443 894, EP A2 450 581, EP A2 339 340, US A 4 557 807

(57) SAMMANDRAG:

Elektrokemiska komponenter i vilka konjugerade polymerer används, vars funktion bestäms av att förändringar av polymerernas oxidationstillstånd används för att åstadkomma förändringar av elektronisk ledningsförmåga, optiska egenskaper, elektrokemiska egenskaper, kemisk sammansättning och volym, karakteriserade av att de konjugerade polymererna är ett mono- eller multilager av konjugerade homopolymerer, sampolymerer eller polymerblandningar, och där det första skiktet av dessa är deponerat på ett elektroniskt isolerande substrat, och där det sista skiktet är i kontakt med en elektrolyt.

PRV Patent använder följande dokumentkoder för sina patentskrifter

kod	klartext	kod	klartext
A	allmänt tillgänglig patentansökan	L	allmänt tillgänglig
B	utläggningsskrift *	T1	översättning av kraven i europeisk patentansökan
B5	rättad utläggningsskrift *	T2	rättelse av översättning av kraven i europeisk patentansökan
C	patentskrift *	T3	översättning av europeisk patentskrift
C1	patentskrift *	T4	översättning av europeisk patentskrift i ändrad avfattning
C2	patentskrift	T5	rättad översättning av europeisk patentskrift
C3	rättad patentskrift	T8	rättad översättning av europeisk patentskrift
C5	rättad patentskrift *	T9	korrigerad översättning av europeisk patentskrift
C8	korrigerad förstasida till patentskrift		
E	patentskrift i ändrad lydelse		
E8	korrigerad förstasida till patentskrift i ändrad lydelse		
E9	rättad patentskrift i ändrad lydelse		

* publicerad under äldre lagstiftning

Nationskoder

AP African Regional Industrial Property Organization (ARIPO)	CN Kina	KJ Kiribati	RU Ryska Federationen
EA Euroasian Patent Office (EAPO)	CO Colombia	KM Comorerna	RW Ruanda
EP Europeiska Patentverket (EPO)	CR Costa Rica	KN St Kitts	SA Saudi-Arabien
OA African Intellectual Property Organization (OAPI)	CU Kuba	KP Dem. Folkrepubliken Korea	SB Salomonöarna
WO World Intellectual Property Organization (WIPO)	CV Kap Verde	KR Republiken Korea	SC Seychellerna
IB WIPO (i vissa fall)	CY Cypern	KW Kuwait	SD Sudan
AD Andorra	CZ Tjeckiska republiken	KY Cayman-öarna	SE Sverige
AE Förenade Arabemiraten	DE Tyskland	KZ Kazachstan	SG Singapore
AF Afghanistan	DJ Djibouti	LA Laos	SH St Helena
AG Antigua	DK Danmark	LB Libanon	SI Slovenien
AI Anguilla	DM Dominica	LC Saint Lucia	SK Slovakien
AL Albanien	DO Dominikanska republiken	LI Liechtenstein	SL Sierra Leone
AM Armenien	DZ Algeriet	LK Sri Lanka	SM San Marino
AN Nederländska Antillerna	EC Ecuador	LR Liberia	SN Senegal
AO Angola	EE Estland	LS Lesotho	SO Somalia
AR Argentina	EG Egypten	LT Litauen	SR Surinam
AT Österrike	ES Spanien	LU Luxembour	ST São Thomé
AU Australien	ET Etiopien	LV Lettland	SV El Salvador
AZ Azerbajdzjan	FI Finland	LY Libyen	SY Syrien
BA Bosnien och Hercegovina	FJ Fiji-öarna	MA Marocko	SZ Swaziland
BB Barbados	FK Falklandsöarna	MC Monaco	TD Tchad
BD Bangladesh	FR Frankrike	MD Moldavien	TG Togo
BE Belgien	GA Gabon	MG Madagaskar	TH Thailand
BF Burkina Faso	GB Storbritannien	MK Makedonien	TJ Tadzjikistan
BG Bulgarien	GD Grenada	ML Mali	TM Turkmenistan
BH Bahrain	GE Georgien	MM Myanmar	TN Tunisien
BI Burundi	GH Ghana	MN Mongoliet	TO Tonga
BJ Benin	GI Gibraltor	MR Mauretanien	TR Turkiet
BM Bermuda	GM Gambia	MS Monsterrat	TT Trinidad och Tobago
BO Bolivia	GN Guinea	MT Malta	TV Tuvalu
BR Brasilien	GQ Ekvatorial Guinea	MU Mauritius	TW Taiwan
BS Bahamaöarna	GR Grekland	MV Maldiverna	TZ Tanzania
BT Bhutan	GT Guatemala	MW Malawi	UA Ukraina
BW Botswana	GW Guinea-Bissau	MX Mexiko	UG Uganda
BY Vitrysland	GY Guyana	MY Malaysia	US Förenta Staterna (USA)
BZ Belize	HK Hongkong	MZ Mocambique	UY Uruguay
CA Kanada	HN Honduras	NA Namibia	UZ Uzbekistan
CF Centralafrikanska Republiken	HR Kroatien	NG Nigeria	VA Vatikanstaten
CG Kongo	HT Haiti	NI Nicaragua	VC St Vincent
CH Schweiz	HU Ungern	NL Nederländerna	VE Venezuela
CI Elfenbenskusten	ID Indonesien	NO Norge	VG Jungfruöarna
CL Chile	IE Irland	NP Nepal	VN Viet Nam
CM Kamerun	IL Israel	NR Nauru	VU Vanuatu
	IN Indien	NZ Nya Zeeland	WS Samoa
	IQ Irak	OM Oman	YD Syd-Jemen
	IR Iran	PA Panama	YE Jemen
	IS Island	PE Peru	YU Jugoslavien
	IT Italien	PG Papua Nya Guinea	ZA Sydafrika
	JM Jamaica	PH Filippinerna	ZM Zambia
	JO Jordanien	PK Pakistan	ZR Zaire
	JP Japan	PL Polen	ZW Zimbabwe
	KE Kenya	PT Portugal	
	KG Kirgistan	PY Paraguay	
	KH Kambodja	RO Rumänien	

Det är väl känt att konjugerade polymerer kan användas för att lagra laddning och energi under redoxprocesser, via oxidation eller reduktion av den konjugerade polymeren. Detta åstadkommes genom att välja sådana potentialer att polymeren oxideras eller reduceras, samtidigt som polymeren står i kontakt med en fast eller flytande elektrolyt vilken försörjer polymeren med anjoner eller kationer, vilka flyter in eller ut ur polymeren för att kompensera den injicerade elektroniska laddningen. Det är likaså väl känt att samtidigt sker en förändring av den elektroniska konduktiviteten i den konjugerade polymeren, liksom en förändring av polymerens optiska absorption (elektrokromism). Sådana processer utnyttjas normalt genom att placera den konjugerade polymeren i nära fysisk kontakt med en strömbärare, en metallisk eller halvledande elektrod. I de flesta fall används en tunn polymerfilm ovan en elektrod, där polymerfilmen också står i kontakt med en elektrolyt. Redoxprocesser i polymeren kräver att både joner och elektroner/hål kan transporteras i polymeren. I allmänhet finner man att ~~jonledningsförmågan är lägre än den elektroniska ledningsförmågan i~~ konjugerade polymerer, något som är sant såväl om polymeren är dopad med hög elektronisk ledningsförmåga, eller neutral med låg elektronisk ledningsförmåga. Strömbäraren är i allmänhet nödvändig för att begränsa resistansen i systemet på väg från den elektrokemiskt aktiva polymeren till drivkretsen. Strömbäraren är oftast en metall, exempelvis guld eller platina, men också transparenta metalloxider som indium tenn oxid kan användas. Strömbäraren är nödvändig för att accelerera redoxomvandlingarna i den konjugerade polymeren.

En transparent elektrod är ofta använda i elektrokroma system, ofta benämnda smarta fönster, där en konjugerad polymer används som en av de elektroaktiva elektroderna. Här önskar vi reglera den optiska transmissionen eller reflektionen från en elektrokemisk cell, genom att förändra oxidationstillståndet i en polymerelektrod. För elektrokroma system som avses fungera i transmissionsmod, är det centralt att ha optiskt transparenta elektroder, åtminstone i det tillstånd som ger hög transmission. Indium tenn oxid (ITO) används oftast för detta ändamål, då den är gott ledande och har mycket god transparens, och normalt inte direkt deltar i elektrokemiska processer.

Polymeren PEDOT (poly(3,4-etylendioxy-tiofen)) är väl dokumenterad i patentlitteraturen (EP O 339 340 A2) och beskrivs också i några få vetenskapliga uppsatser, exvis Qibing Pei, Guido Zuccarello, Markus

Ahlskog and Olle Inganäs: "Electrochromic and highly stable poly(3,4-ethylenedioxythiophene) gives blue-black and transparent sky blue colors" Polymer 35(1994) 1347-1351.

Det är en mycket stabil polymer i sitt dopade tillstånd, med hög konduktivitet, och ett litet bandgap. Detta medför att polymeren är blåsvart i sitt neutrala tillstånd, men att oxidation medför att den färgen försvinner och att ny optisk absorption skapas i det infraröda området. Polymeren är då närmast transparent med en svag himmelsblå färg. Detta är mycket attraktivt för elektrokroma system. Det är också en polymer med god elektrokemisk stabilitet, vilket betyder att den kan cyklas många gånger mellan dopad och neutral form (Carlberg et.al., [Solid State Ionics, 69, (1994) 145], och är därför attraktiv för polymerbatterier och superkapacitanser

En metod för att tillverka PEDOT med kemiska metoder på i stort sett godtyckligt substrat har utvecklats av Bayer AG och Philips (EP O 339 340 A2). Med denna metod kan tunna antistatiska skikt av PEDOT prepareras på polymera ytor. Det har demonstrerats hur detta skikt kan användas för att elektroreducera koppar från ett kopparsalt i en elektolyt, för att metallisera polymerytor med ett tunt skikt av koppar. (D.M.De Leeuw, Synthetic Metals 66(1994) 263)).

Vi har funnit att skikt av PEDOT kan användas i elektrokemiska oxidations- och reduktionsprocesser, utan att använda en elektrod som strömbärare. Såväl optiska, elektrokemiska som elektriska studier visar att PEDOTskiktet mycket snabbt kan oxideras och reduceras, också i frånvaro av en strömbärande elektrod. Sådana resultat har observerats både i kontakt med vätske elektroliter och fasta polymera elektroliter. Detta ovanliga beteende, som vi inte har observerat hos andra polymerer, kan förstås om PEDOT har hög jonmobilitet, samt en extraordinär hålmobilitet. Denna höga mobilitet för hål, ger en avsevärd elektronisk ledningsförmåga till polymeren också i dess neutrala tillstånd, framställd genom kemisk eller elektrokemisk reduktion av en dopad PEDOTfilm. Denna höga elektroniska ledningsförmåga är en viktig förklaring till den snabba oxidation och reduktion vi observerar i PEDOT filmer

Det är därför möjligt att bygga elektrokemiska komponenter där dopningsinducerade förändringar av polymerens elektriska, optiska, mekaniska och kemiska egenskaper används, och i vilka ingen strömbärare behöver användas, eftersom polymeren är sin egen strömbärare. Detta innebär att vi kan eliminera ett skikt i sådana komponenter, vilket reducerar såväl kostnad som komplexitet. Dessutom möjliggörs nya geometrier i gamla

typer av komponenter, såväl som nya komponenter. Det gör det också möjligt att använda ett skikt av polymer som kontakt till andra skikt, för att användas som strömbärande elektrod.

Elektrokroma system

Elektrokroma system är väl dokumenterade. De består ofta av fem tunna filmer sammanfogade i multipelskikt för att ge den önskade tekniska funktionen, modulation av optisk transmission eller reflektion med elektrokemiska metoder. Två elektroaktiva material, vart och ett deponerat på en transparent strömbärare (normalt ett ITO skikt) är sammanfogade med en fast elektrolyt emellan. Om komponenten skall användas för transmission är det nödvändigt att de två elektrokroma materialen har komplementära optiska egenskaper. Det skall vara möjligt att lägga en spänning mellan elektroder som gör båda elektroderna transparenta, medan vid en annan spänning elektroderna tillsammans absorberar det mesta av synligt ljus. Det är ofta så att de elektroaktiva materialen är elektroniska isolatorer i ett av sina tillstånd. Därför är det nödvändigt att deponera de elektroaktiva materialen på en transparent strömbärare, för att tillgodose räckvidden för elektron- och håll transport.

Eftersom PEDOT kan fungera som såväl strömbärare och elektrokromt material behöver vi inte använda en transparent strömbärande elektrod, och vi kan därför eliminera det skiktet. Detta gör det möjligt att använda transparenta och billiga substrat, som exempelvis polymerer och där deponera PEDOT, för att tillverka böjliga komponenter. Dessutom innebär det eliminerade skiktet att vi något ökar den optiska transmissionen, vilket kan vara attraktivt.

Andra elektrokroma system används för att modulera reflektans på en yta, med elektrokemiska metoder. I dett fall är det möjligt att använda reflektansmodulationen i ett första lager av PEDOT, med ett efterföljande ljusspridande skikt för att tillverka en elektrokrom yta som varierar mellan vitt och djupblått. Ljusspridningsskiktet kan med fördel kombineras med ett skikt av en polymerelektrolyt, exempelvis genom att addera små ljusspridande partiklar till polymerelektrolyten. I detta fall är det dessutom mest attraktivt att också använda PEDOT som motelektrod, eftersom det kan användas utan att ge något bidrag till de optiska egenskaperna då det görs osynligt av ett ljusspridande skikt. I denna tillämpning bidrar PEDOT-motelektroden endast med elektrokemisk kapacitet och elektronisk

ledningsförmåga, vilket är attraktivt för att reducera antalet skikt; i detta fall räcker det med tre skikt.

Lagring av laddning och energi

Användningen av PEDOT i sekundära batterier rapporteras i patentet EP O 339 340 A2. Det har också rapporterats att PEDOT kan oxideras och reduceras i kombination med transport av litium kationer [Carlberg, Solid State Ionics, 69, (1994) 145]. Detta kan användas för att bygga fasta polymerbatterier med PEDOT. I ett sådant batteri kan ett litiumskikt, ett litiuminterkalerande kolmaterial eller en litiumlegering vara anod. Med PEDOT i katoden, som strömbärare och elektroaktivt material blir det möjligt att minska vikt och volym jämfört med de system där en tillsats av elektroniskt ledande material är nödvändigt, utöver det elektroaktiva materialet. Den snabba upp- och urladdningen av sådana elektroder med PEDOT visar också att det kan vara möjligt att använda tjocka skikt av PEDOT i sådana batterier. Dessutom är det möjligt att använda PEDOT som strömbärare till skikt av elektroaktiva konjugerade polymerer deponerade ovanpå PEDOT. Genom detta är det möjligt att ytterligare höja energi och effektäthet i polymerbatterier.

I system där snarare hög effektäthet än hög energitäthet eftersträvas, som till exempel i superkapacitanser för lastutjämning i elektriska fordon, kan PEDOT användas som anod och som katod i kontakt med en elektrolyt med hög konduktivitet, antingen i form av flytande elektrolyt eller fast polymer elektrolyt. En sådan superkapacitans bildas genom att kombinera två PEDOT elektroder, var och en dopad till 50% av maximal kapacitet. Detta gör det möjligt att ladda upp den ena elektroden och ur den andra. Eftersom laddningshastigheten är hög i PEDOT kan vi i tunna filmer uppnå en effektäthet på 2,5 kW/kg, en siffra som dock reduceras när vi går till hela system.

Fotoelektrokemiska komponenter

Kombinationen av oorganiska eller organiska, polymera halvledande fotoelektroder med polymerelektrolyter kräver transport av redox föreningar genom en polymerelektrolyt. Sådana föreningar skall vara såväl lösliga och rörliga i polymerelektrolyten; särdeles många exempel är inte kända idag. Ett studerat system är I_3^-/I^- som är rörligt i polyetylenoxid. (T.A.Skotheim et.al, J.Electrochemical Society 132(1985), 2116). Detta redoxpar är inte reversibelt vid de transparenta ITO elektroder som används i sådana system; där måste

först ett skikt av platina deponeras på den transparenta elektroden för att få reversibel elektronöverföring mellan elektrod och redoxpar. Ett sådant Pt/ITO skikt kan ersättas av PEDOT, som har en konduktivitet i tunna filmer som är jämförbar med ITO, en lågoptisk absorption i det synliga området, och som dessutom är reversibel mot I_3^-/I^- . Detta förbättrar den optiska transmissionen genom denna kontakt, jämfört med Pt/ITO. Det gör det dessutom möjligt att använda PEDOT på böjliga plastsubstrat som kontakt till polymerelektrolyter. Dessutom kan PEDOT direkt användas som kontakt till halvledande polymera fotoelektroder deponerade på böjliga substrat.

Exempel**1. Tillverkning av PEDOT film för användning i elektrokemiska komponenter**

En film av PEDOT tillverkas enligt följande metod.

4,608 g $\text{Fe}(\text{TsO}_3)_3$ och 0,367 g imidazol löses i 15,0 g n-butanol. 0,506 g 3,4-etylendioxytiofen monomer tillsättes och lösningen omröres i två timmar. Därefter sprids lösningen på ett isolerande substrat (glas eller plast, exempelvis polyester) genom att indunstas, eller att doppas i lösningen och avrinna, eller genom att använda spincoating. Filmen torkas i luft. Därefter värmes filmen och substratet till 110°C i 5-10 minuter. Därefter sköljes filmen i vatten eller etanol så att allt järnsalt försvinner. Filmens tjocklek varierar mellan 500 - 1500 Å beroende på prepareringsvillkor vid spinning. Den kan vara mycket tjockare vid indunstning. PEDOT filmer som beretts på denna väg befinner sig i sitt dopade tillstånd, med en konduktivitet av 300-500 S/cm, och har tosylationen som kompenserande motjon.

2. Elektrokrom komponent för modulation av optisk transmission, i vilken PEDOT är ett aktivt skikt

En film av PEDOT bereds enligt exempel 1. Detta skikt kombineras med ett tunt skikt ($1\ \mu\text{m}$) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxyetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO_4 med O/Li i förhållandet 25, samt en litium-dopad vanadin oxid (Li_yVO_x) på ITO deponerat på glas. Eftersom vanadin oxiden har högre coulombsk kapacitet och lägre infärgningskoefficient, så fungerar den som en optiskt passiv motelektrod. En yttre spänningskälla ansluts till den elektrokemiska cellen, med PEDOT som arbetselektrod och Li_yVO_x som motelektrod. När en spänning av -1.0 V lägges över cellen, så reduceras PEDOT till sitt neutrala tillstånd, elektroner och joner injiceras och färgen förändras inom några sekunder. När spänningen vändes, så att +1.0 V lägges på cellen, återgår PEDOT till sitt dopade och nästa transparenta tillstånd. Den pålagda spänningen ändrar transmissionen från 70 till 30 % mitt i det synliga området. Denna process kan återupprepas tusentals gånger, och både det transparenta och det ogenomskinliga tillståndet bevaras då spänningsförsörjningen avbrytes.

3. Elektrokrom komponent för reflektans modulerings med PEDOT som optiskt aktivt skikt och som motelektrod.

Två filmer av PEDOT, en med tjocklek $< 1000 \text{ \AA}$ och en med tjocklek $> 1000 \text{ \AA}$ framställs enligt Exempel 1. Dessa skikt lamineras med ett tunt skikt ($1 \mu\text{m}$) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO_4 med O/Li i förhållandet 25, vilken färgats vitt genom att tillsätta ljusspridande partiklar av titandioxid. En yttre spänningskälla ansluts till den elektrokemiska cellen, med tunn PEDOT som arbetselektrod och tjock PEDOT som motelektrod. När en spänning av -1.0 V läggs på cellen, så reduceras tunn PEDOT till sitt neutrala tillstånd, elektroner och joner injiceras och färgen förändras inom några sekunder. När spänningen vändes, så att $+1.0 \text{ V}$ läggs på cellen, återgår PEDOT till sitt dopade och nästan transparenta tillstånd. Ytans färg växlar därför mellan vitt och blåsvart.

4. Elektrokrom komponent, baserad på dubbelskikt av konjugerade polymerer med PEDOT som bas

En film av PEDOT prepareras enligt exempel 1, i detta fall på ett flexibelt substrat av polyester. Ovanpå detta skikt av PEDOT prepareras nu ytterligare ett skikt av en konjugerad polymer, eller blandning av sådana polymerer. Detta kan ske genom att med indunstning, dopkning eller spincoating från en lösning av polymeren, eller en lösning av blandningen av polymererna, deponera ett skikt. Det kan också ske genom att med elektrokemisk oxidation av konjugerade monomerer växa homo- eller sampolymerer ovanpå PEDOT, exempelvis sampolymerer av 3-metyltiofen och 3,4-etylendioxytiofen, poly(3-metyltiofen-co-3,4-etylendioxytiofen). Detta dubbelskikt kombineras nu med en film av polymerelektrolyt exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO_4 med O/Li i förhållande 25 samt en litium dopad vanadin oxid (Li_yVO_x) på ITO deponerat på glas. Den samtidiga oxidationen av de olika skikten av konjugerade polymerer ger nu ett nästan transparent himmelsblått skikt, medan de olika polymerens olika absorptionspektra i det neutrala tillståndet nu helt täcker det synliga spektrat, och ger ett svart skikt. Vid intermediär oxidation bestäms de optiska egenskaperna av summan av de enskilda polymerernas optiska egenskaper.

Det är naturligtvis fullt möjligt att utsträcka detta exempel till mer än två skikt.

5. Sekundärt polymerbatteri med PEDOT som strömbärare

En film av PEDOT bereds enligt exempel 1. Detta skikt används som elektrod i en elektrolyt av 0.1 M litium dodecylbensen sulfonat i propylenkarbonat, vilken också innehåller 0.1 M pyrrol. Vid en pålagd potential av 1.2 V vs Ag/AgCl, växer ett skikt av polypyrrol(dodecylbensensulfonat) ovanpå PEDOT skiktet. Detta dubbellager kombineras med ett tunt skikt (1 μm) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad med LiClO_4 med O/Li i förhållande 25, samt en litium folie som motelektrod. Egenskaperna i en sådan cell ges av cellspänning ca 3V, specifik kapacitet ca 50Ah/kg och en energitäthet av mer än 150 Wh/kg. En sådan cell kan urladdas/uppladdas vid en strömtäthet av 50 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ i mer än 10,000 cykler med endast liten förlust av kapacitet.

6. Superkapacitans med PEDOT som anod och katod

Två filmer av PEDOT prepareras enligt Exempel 1. Filmerna på sitt substrat sänks ned i en vätskeelektrolyt (0,1 M LiClO_4 i acetonitril), och anslutes till yttre spänningsförsörjning, som anod respektive katod. Efter uppladdning, där 0,8 V lägges på cellen och högdopar den ena men avdopar den andra, kan superkapacitansen leverera goda effekttätheter (upp till 2,5 kW/kg vid strömtätheten 1 mA/cm^2 under korta tider <1s. Under urladdning likställs dopningsnivån mellan anod och katod, och cellspänningen sjunker till noll.

7. Ett multipelskikt med PEDOT för användning i en elektrokemiskt aktuator

En film av PEDOT på flexibelt substrat tillverkas enligt exempel 1. Detta skikt används som elektrod i en elektrolyt av 0.1 M litium dodecylbensen sulfonat i propylenkarbonat, vilken också innehåller 0.1 M pyrrol. Vid en pålagd potential av 1.2 V vs Ag/AgCl, växer ett skikt av polypyrrol(dodecylbensensulfonat) ovanpå PEDOT skiktet. Detta dubbelskikt sättes i kontakt med en elektrolyt. Reduktion och oxidation av detta dubbellager leder till volymsförändring och strukturen böjes som ett bimetalband. Denna kan användas som aktuator.

8. PEDOT som ohmsk kontakt till en redox polymer elektrolyt

En film av PEDOT prepareras enligt exempel 1. Detta skikt kombineras med ett tunt skikt ($1 \mu\text{m}$) av polymerelektrolyt, exvis poly(oxymetylen-oligo(oxyetylen)) (POMOE) komplexerad i metanol med KI and I_2 , 10:1 molar, med O/Li i förhållande 25. Denna polymerelektrolyt deponeras med indunstning eller spin coating. Tillsammans används nu denna struktur som kontakt till en halvledande fotoelektrod för att bygga fotoelektrokemiska celler.

Patent krav

1. Komponenter baserade på konjugerade polymerer i elektrokemiska system vilka utnyttjar förändringar i polymerernas elektriska, optiska, kemiska, elektrokemiska och mekaniska egenskaper, karakteriserade av att de konjugerade polymererna förefinns som tunna skikt, varav åtminstone ett skikt är i kontakt med ett isolerande substrat och åtminstone ett i kontakt med en elektrolyt, *karakteriserade av att det första skiktet fungerar som strömbärare i alla elektrokemiska tillstånd.*
2. Komponenter enligt krav 1, karakteriserade av att de konjugerade polymerfilmerna är mono- eller multilager av konjugerade homopolymerer, sampolymerer eller polymerblandningar, *karakteriserade av att det understa lageret i kontakt med det isolerande substratet är en homo- eller sampolymer som innehåller monomeren etylendioxotiofen och dess substituerade former.*
3. Komponenter enligt krav 2, där det elektrokemiska systemet är en elektrokrom komponent för modulation av transmission, *karakteriserade av att polymerskiktet är i fysisk kontakt med ett skikt av polymerelektrolyt, och där detta skikt åtminstone delvis är i direkt kontakt med en joninterkalerande motelektrod.*
4. Komponenter enligt krav 2, där det elektrokemiska systemet är en elektrokrom komponent för modulation av reflektans, och där polymerskiktet är i fysisk kontakt med ett skikt av ljusspridande polymerelektrolyt, *karakteriserade av att detta skikt åtminstone delvis är i direkt kontakt med en joninterkalerande motelektrod.*
5. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att polymerskiktet är i fysisk kontakt med ett skikt av polymerelektrolyt i vilket skikt rörliga redoxföreningar är lösta.*
6. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att det elektrokemiska systemet är en superkapacitans med polymer katod och polymer anod, och där elektrolyten är en vätskeformad elektrolyt eller polymerelektrolyt.*

7. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att* det elektrokemiska systemet är ett sekundär batteri med en polymer katod, där elektrolyten är en tunn film av en polymerelektrolyt, och där anoden är en litiumiminjicerande kolförening, en n-dopad konjugerad polymer, eller litium eller en av dess legeringar.

8. Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att* det elektrokemiska systemet är en elektrokemimekanisk aktuator med en polymerelektrod i kontakt med en elektrolyt, vätskeformig eller i fast fas, , och där åtminstone delar av polymerelektroden kan utvidgas respektive kontrahera genom elektrokemisk oxidation /reduktion.

9 Komponenter enligt krav 2, *karakteriserade av att* homopolymererna, sampolymererna och polymerblandningarna inkluderar ickesubstituerade och substituerade former av monomerer från tiofen, fenylenvinylen, para-fenylen, pyrrol, furan, selenofen och anilin familjerna.